

Peranan *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Varietas Bonita pada Kondisi Salin

The Role of *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 on the Growth of Bonita Hot Pepper (*Capsicum frutescens* L.) Variety in Saline Conditions

AAS RATNASARI, NISA RACHMANIA MUBARIK, ARIS TJAHJOLEKSONO*

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB
Dramaga, Bogor 16680

Diterima 14 Agustus 2023/Diterima dalam Bentuk Revisi 8 November 2023/Disetujui 10 November 2023

Hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) is one of the food crop commodities that is widely cultivated in Indonesia. Salinity stress can reduce the bioavailability of potassium and its uptake by plants, which will ultimately reduce plant growth and production. One way to reduce the effect of salinity and increase potassium uptake by plants is to use potassium-solubilizing bacteria. One of the bacteria that can solubilize potassium is *Pseudomonas aeruginosa*. This research aims to study the role of *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 on the growth of the Bonita variety of hot pepper under saline conditions. This study used a completely randomized factorial design with four concentration levels of NaCl treatment: 0, 4, 8, and 12 g/L, as well as two levels of bacteria administration: without bacteria and with bacteria. The results showed that the application of bacteria, salt concentration, and the interaction of the two had no effect ($p\text{-value} > 0.05$) on the growth of hot pepper plants with the observed parameters namely plant height, number of leaves, shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight, root dry weight, and chlorophyll content.

Key words: hot pepper, potassium solubilizing bacteria, salinity

PENDAHULUAN

Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Produksi cabai rawit di Indonesia meningkat setiap tahunnya. Produktivitas cabai rawit pada tahun 2020 meningkat sebesar 9,76% dari tahun 2019 dengan rata-rata peningkatan sebesar 13,6% pada tahun 2016-2020 (BPS 2021). Intrusi air laut ke daratan menyebabkan tanah berkadar garam tinggi, sehingga tanah menjadi salin. Dampak lahan salin di daerah pesisir pantai utara telah dirasakan sejak 2017 (Badi'ah *et al.* 2021). Salah satu dampak dari salinitas ialah berkurangnya produktivitas tanaman.

Perlakuan salinitas 50-100 mM pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) yang dilakukan oleh Azuma *et al.* (2010) menunjukkan penurunan pertumbuhan tanaman akibat penurunan laju fotosintesis daun yang menyebabkan bobot kering

buah/tanaman berkurang. Penurunan rasio antara K/Na akibat salinitas menyebabkan Na (natrium) yang ditransfer ke jaringan lebih besar dari pada K (kalium) (Hirpara *et al.* 2005). Efek salinitas yang tinggi juga dapat menghambat penyerapan K oleh akar dan mengurangi kelarutan mineral K. Kalium dapat membantu tanaman tahan dari kekeringan, suhu yang berlebih dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit (Jha 2017).

Bakteri pelarut K (*Potassium Solubilizing Bacteria*/KSB) merupakan bakteri yang dapat meningkatkan penyerapan K tanah. Penggunaan bakteri ini dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia. Bakteri pelarut K (KSB) dilaporkan dapat meningkatkan toleransi terhadap stress garam dengan meminimalkan efek bahaya dari salinitas (Jha 2017; Ashfaq *et al.* 2020). Selain meningkatkan toleransi terhadap stress garam, KSB dapat meningkatkan kandungan mineral dalam tumbuhan dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Jha 2017). Bakteri yang mempunyai kemampuan melarutkan K antara lain *Burkholderia cepacia*, *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., dan *Agrobacterium radiobacter* (Etesami *et al.* 2017). Salah satu bakteri

*Penulis korespondensi:
E-mail: aristj@apps.ipb.ac.id

genus *Pseudomonas* yaitu *Pseudomonas aeruginosa* mempunyai kemampuan dalam melarutkan K (Akintokun *et al.* 2019; Singh *et al.* 2020) dan fosfat (Paul dan Sinha 2017).

Penelitian ini bertujuan mempelajari peranan bakteri *P. aeruginosa* ATCC 15442 terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit varietas Bonita pada kondisi salin.

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai kemampuan *P. aeruginosa* ATCC 15442 dalam melarutkan K dan fosfat (P) juga penerapan bakteri tersebut pada tanaman cabai rawit pada kondisi normal dan cekaman salin.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan. Alat yang digunakan ialah timbangan, autoklaf, shaker, sentrifugator, spektrofotometer V-1000, alat gelas laboratorium dan dan klorofil meter YLS-A. Bahan yang digunakan meliputi tanah komersial yang diperoleh dari Dramaga Tani, benih cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) varietas Bonita produksi Benih Dramaga, dan *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 koleksi Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, FMIPA, IPB.

Waktu dan Tempat. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari-Agustus 2022 di Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Fisiologi dan Genetika Tumbuhan, dan Rumah Kaca, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Uji Pelarutan Fosfat dan Kalium. Koloni tunggal *P. aeruginosa* diuji titik pada media agar-agar Aleksandrov untuk pelarutan K dan Pikovskaya untuk pelarutan P kemudian diinkubasi selama 72 jam pada suhu ruang ($\pm 27^\circ\text{C}$). Kemampuan pelarutan K dan P ditentukan dengan zona bening yang terbentuk (Jha 2017; Azizah *et al.* 2020). Perhitungan indeks kelarutan dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Indeks pelarutan} = \frac{\text{Diameter zona bening (mm)}}{\text{Diameter koloni (mm)}}$$

Kurva Tumbuh Bakteri. Sebanyak satu ose bakteri *P. aeruginosa* ditumbuhkan terlebih dahulu pada medium prekultur Nutrient Broth (NB) sebanyak 50 mL dan diinkubasi selama 21 jam pada suhu ruang ($\pm 27^\circ\text{C}$) menggunakan rotary shaker dengan kecepatan 100 rpm. Setelah berumur 21 jam (OD 0,8), sebanyak 1,2 ml bakteri diambil dan dipindahkan ke dalam medium kultur NB 120 ml dan diinkubasi kembali pada suhu ruang ($\pm 27^\circ\text{C}$) menggunakan rotary shaker dengan kecepatan 100 rpm. Optical Density (OD) bakteri pada panjang gelombang 600 nm diamati selama 45 jam dengan waktu interval 3 jam (Candrawati *et al.* 2018).

Inokulasi Tanaman dengan Bakteri. Benih cabai rawit disterilasi permukaan menggunakan NaOHCl 1% selama 5 menit kemudian dicuci menggunakan akuades steril secara berulang. Benih direndam selama 30 menit dalam kultur bakteri yang telah ditumbuhkan (*fase log*) (Yasmin *et al.* 2016).

Penanaman Cabai Rawit dengan Perlakuan Salinitas. Sebanyak 3 kg tanah steril dimasukkan ke dalam polybag kemudian disiram dengan larutan NaCl sebanyak 500 ml/polybag dengan berbagai konsentrasi (0, 4, 8, 12 g/L). Sebanyak dua benih tanaman yang telah direndam dengan suspensi bakteri kemudian ditanam di setiap polybag dan disiram dengan suspensi bakteri sebanyak 3 ml/benih. Tanaman disiram setiap hari pada pagi atau sore hari, diberi pupuk NPK (2.5:1:1) setiap dua minggu. Tanaman diberi insektisida Lecafit pada hari ke-24 dan ke-49 untuk membasmi kutu kebul.

Pengamatan. Pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah dan berat kering tanaman dilakukan setiap minggu selama 84 hari. Tanaman dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 65°C selama 3 hari untuk mengukur berat kering tanaman (Hahm *et al.* 2017).

Analisis Kadar Klorofil. Analisis kadar klorofil dilakukan pada daun tanaman cabai rawit 79 HST dengan 0,1 g daun segar digiling di atas mortar dan alu, lalu ditambahkan larutan aseton dingin 80% kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3,000 rpm selama 10 menit pada suhu 4°C . Setelah itu, nilai absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 663 dan 646 nm (Quinet *et al.* 2012). Analisis kadar klorofil juga dilakukan dengan menggunakan klorofil meter, daun muda dijepit pada tiga bagian yaitu pangkal daun, tengah daun dan ujung daun (Zakiyah *et al.* 2018). Daun yang digunakan pada analisis klorofil merupakan daun muda yaitu daun ketiga dan keempat dari pucuk. Perhitungan kadar klorofil hasil ekstraksi menggunakan persamaan Lichtenthaler (1987).

$$\text{Klorofil a} = 12,25 (A663) - 2,79 (A646)$$

$$\text{Klorofil b} = 21,50 (A646) - 5,10 (A663)$$

$$\text{Klorofil total} = 7,15 (A663) + 18,71 (A646)$$

Hubungan antara *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) unit dan mg/g klorofil dilakukan dengan analisis regresi non-linear menggunakan *Microsoft excel*.

Rancangan Percobaan. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini ialah rancangan acak lengkap faktorial dua faktor yaitu faktor penambahan bakteri dan konsentrasi garam. Terdapat dua taraf penambahan bakteri yaitu tanpa bakteri dan dengan bakteri, dan empat taraf pemberian konsentrasi garam yaitu : 0, 4, 8, dan 12 g/L. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak 5 ulangan dengan total 40 tanaman.

Analisis Data. Data hasil pengamatan diolah dengan analisis ragam ANOVA menggunakan *software* SPSS 25.

HASIL

Hasil pengujian kemampuan melarutkan K dan P oleh *P. aeruginosa* ATCC 15442 ditandai dengan pembentukan zona bening di sekitar koloni bakteri (Gambar 1). Indeks pelarutan K dan P diperoleh masing-masing sebesar 0,58 dan 0,28. *Pseudomonas aeruginosa* mempunyai kemampuan pelarutan dan P pada medium uji dan ditandai dengan terbentuk zona bening di sekeliling koloni bakteri. Berdasarkan hasil pewarnaan Gram, bakteri *P. aeruginosa* ATCC 15442 merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang (basil) (Gambar 2).

Kurva pertumbuhan bakteri *P. aeruginosa* ATCC 15442 (Gambar 3) menunjukkan fase log dimulai saat biakan bakteri berumur 3 jam hingga 30 jam. Saat fase log, jumlah bakteri meningkat dengan cepat dan mencapai jumlah bakteri yang tinggi pada akhir fase log atau awal fase stasioner. Oleh karena itu, pengambilan biakan bakteri untuk inokulum dilakukan di antara fase log akhir dan awal fase stasioner. Pada penelitian ini, biakan bakteri yang diinokulasikan pada tanaman ialah biakan bakteri yang berumur 21 jam dengan kerapatan sel 108 cfu/ml yang berada pada fase log akhir.

Tinggi tanaman pada perlakuan konsentrasi garam 0 g/L dengan penambahan bakteri lebih rendah dari pada tanpa bakteri (Gambar 4A). Pemberian bakteri meningkatkan tinggi tanaman pada media tanam dengan konsentrasi garam 4 g/L (Gambar 4B). Berdasarkan pengukuran tinggi tanaman, perlakuan tanpa bakteri dan dengan bakteri pada konsentrasi garam 8 dan 12 g/L tidak menunjukkan perbedaan

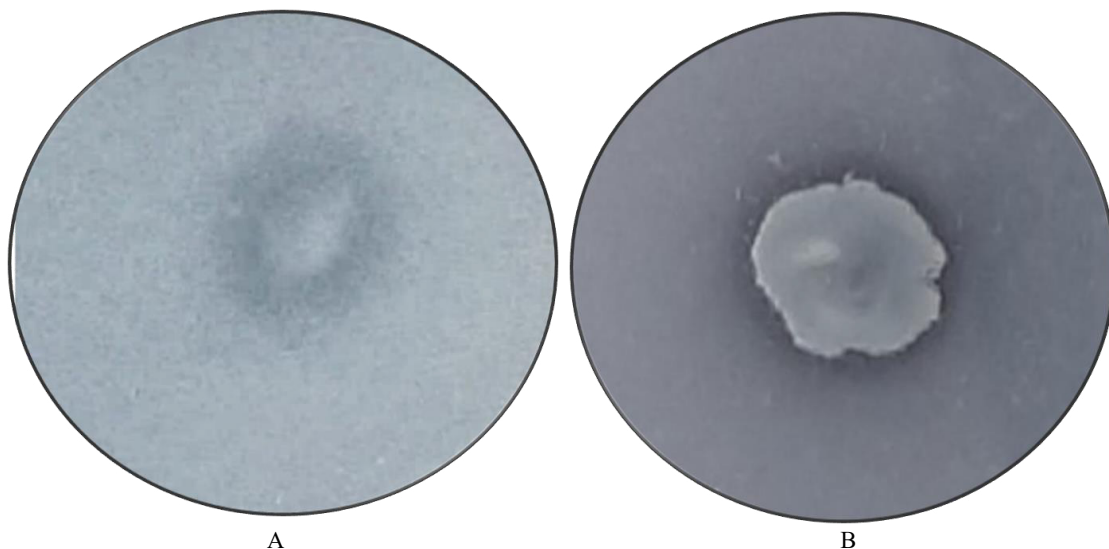
yang signifikan (Gambar 4C dan D). Konsentrasi garam 12 g/L menekan pertumbuhan tanaman pada tanaman tanpa bakteri dan dengan bakteri.

Penambahan garam terhadap media tanam menurunkan tinggi tanaman pada perlakuan tanpa bakteri. Penambahan bakteri meningkatkan tinggi tanaman pada perlakuan konsentrasi garam 4 dan 12 g/L. Tinggi tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi garam 4 g/L dengan penambahan bakteri. Tinggi tanaman terendah diperoleh pada tanaman dengan perlakuan 0 g/L dengan penambahan bakteri (Gambar 4).

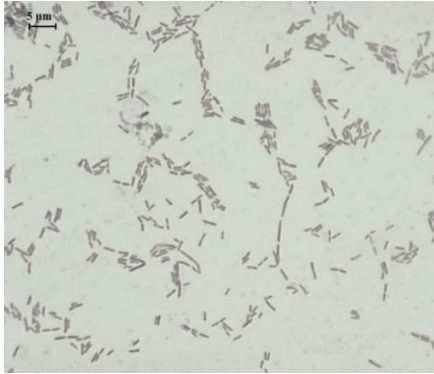
Jumlah daun pada tanaman dengan konsentrasi garam 4 g/L mempunyai jumlah yang paling banyak. Jumlah daun pada perlakuan konsentrasi garam 0 g/L dengan penambahan bakteri mempunyai jumlah yang paling sedikit. Jumlah daun pada tanaman tanpa bakteri lebih banyak daripada dengan bakteri pada konsentrasi garam yang sama (Gambar 4).

Berat basah tanaman pada perlakuan tanpa bakteri menurun seiring pertambahan konsentrasi garam. Penambahan bakteri dapat meningkatkan berat basah tanaman pada konsentrasi garam 4 dan 12 g/L. Berat kering tajuk pada perlakuan tanpa bakteri menurun seiring bertambahnya konsentrasi garam. Penambahan bakteri meningkatkan berat kering tajuk pada konsentrasi garam 4 dan 8 g/L. Tidak ada perbedaan berat kering tajuk antara perlakuan tanpa bakteri dan dengan bakteri pada konsentrasi garam 12 g/L. Penambahan bakteri meningkatkan berat kering akar pada konsentrasi garam 4 g/L (Gambar 4).

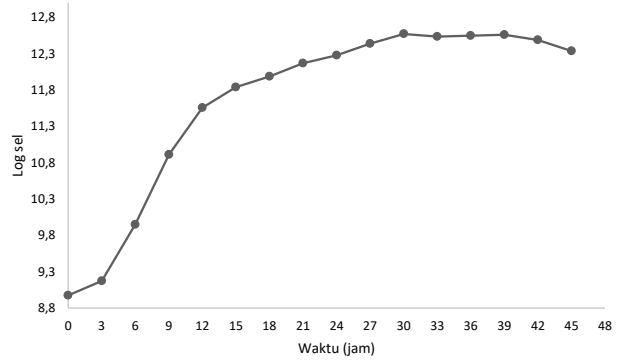
Penambahan bakteri, konsentrasi garam, dan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah tajuk, berat basah akar, berat kering tajuk, dan berat kering akar (p -value > 0,05).



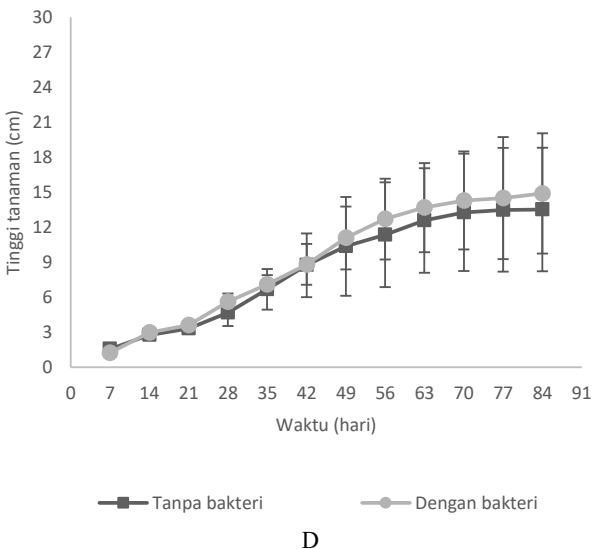
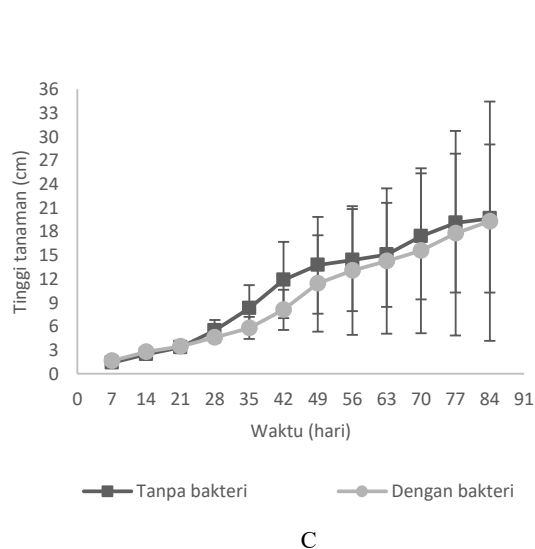
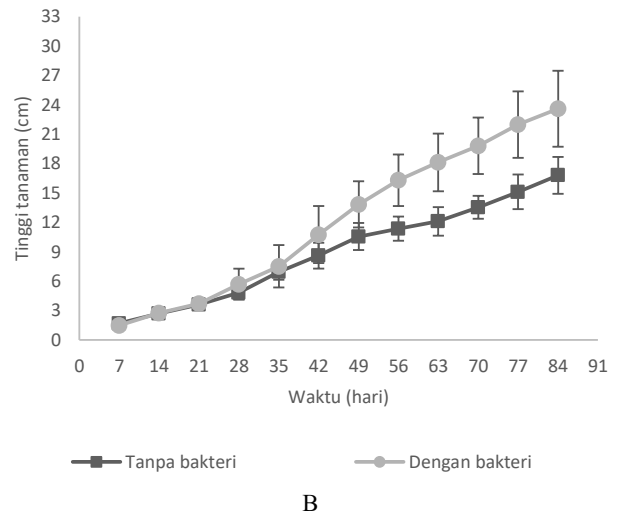
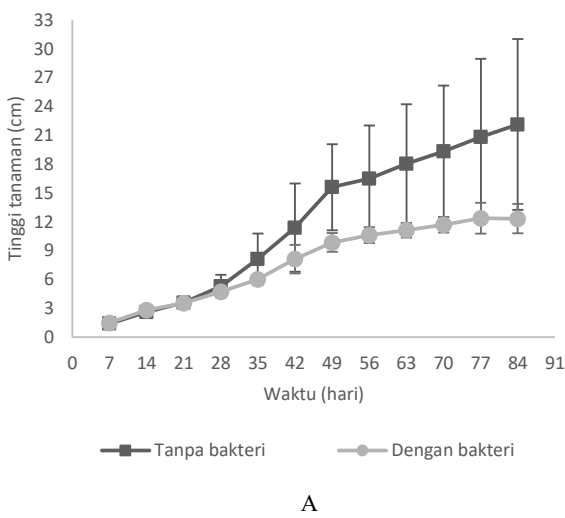
Gambar 1. Pengujian *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 pada medium agar-agar Aleksandrov (A) dan agar-agar Pikovskaya (B)



Gambar 2. Bentuk sel *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 hasil pewarnaan gram



Gambar 3. Kurva pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 dalam media Nutrient Broth pada suhu 27 °C



Gambar 4 Pertumbuhan tanaman cabai rawit perlakuan tanpa dan dengan bakteri pada konsentrasi garam 0 g/L (A), 4 g/L (B), 8 g/L (C) dan 12 g/L (D)

Hubungan antara SPAD unit dan kadar klorofil (mg/g) menunjukkan terdapat korelasi. Semakin tinggi nilai SPAD unit, semakin tinggi kadar klorofil. Kadar klorofil A, B dan kadar klorofil total hasil ekstraksi pada perlakuan tanpa bakteri menurun seiring bertambahnya

konsentrasi garam. Nilai SPAD unit menunjukkan penurunan pada perlakuan tanpa bakteri seiring bertambahnya konsentrasi garam. Penambahan bakteri meningkatkan kadar klorofil (mg/g) pada konsentrasi garam 4, 8, dan 12 g/L. Nilai SPAD unit pada perlakuan

dengan bakteri pada konsentrasi garam 8 g/L lebih tinggi dibanding tanpa bakteri (Gambar 3).

PEMBAHASAN

Pemberian garam dan penambahan bakteri tidak menunjukkan efek terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit pada parameter yang diamati. Hal ini diduga akibat pencucian garam, pemberian NaCl tidak secara berkala, pemberian pupuk NPK, dan benih yang tidak homogen. Penggunaan pot yang berlubang dapat menyebabkan pencucian garam yang dapat mengurangi dampak dari salinitas (Wahyuningsih *et al.* 2017). Pemberian NaCl pada media tanam dengan penyiraman menggunakan air tidak menunjukkan perbedaan tinggi tanaman cabai antara kontrol dan perlakuan salin (Perdana *et al.* 2021). Pemberian bakteri pelarut K dan P tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman cabai. Bakteri tersebut tidak berperan dalam pelarutan mineral karena tanaman sudah mendapat P dan K terlarut dari pupuk NPK. Perbaikan sifat tanah dengan menambahkan nutrisi pada tanah dapat membuat tanaman tahan terhadap lingkungan salin (Nasrudin dan Fahmi 2022). Selain itu, penambahan kalium eksternal pada media tanam salin dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman garam (Hassanuzaman *et al.* 2018). Benih yang tidak homogen juga dapat menyebabkan data dengan simpangan yang besar sehingga tidak terlihat efek penambahan bakteri dan konsentrasi garam.

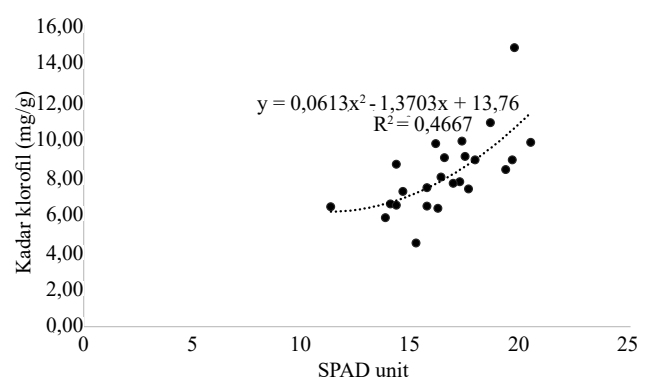
Penelitian ini bertolak belakang dengan penelitian yang dilakukan oleh Khalimi dan Wiryana (2009) yang menyatakan bahwa *P. aeruginosa* dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah, dan bobot kering tanaman kedelai. *Pseudomonas aeruginosa* dapat meningkatkan perkecambahan, panjang tajuk dan akar, berat basah, dan kering tajuk akar pada tanaman cowpea (*Vigna unguiculata*) (Bhakthavatchalu *et al.* 2013). Adesemoye *et al.* (2008) juga membuktikan bahwa *P. aeruginosa* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai sebesar 30-80%. Tanaman yang diberi PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*) mempunyai tinggi, berat basah dan berat kering yang tinggi dibanding kontrol baik dalam kondisi salin maupun normal. Bakteri pelarut K dan P seharusnya dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman karena K dan P merupakan makronutrient yang dibutuhkan tanaman (Azizah *et al.* 2020).

Salinitas diketahui dapat mengganggu ketersediaan nutrisi pada tanaman dengan menginduksi ketidakseimbangan ion sehingga terjadi kompetisi nutrisi seperti K^+ dan Ca^{2+} dengan ion Na^+ dan Cl^- sehingga menyebabkan defisit air (Hu *et al.* 2007). Selain itu, salinitas dapat mengurangi penyerapan

fosfor dalam tanah (Su *et al.* 2022; Hu *et al.* 2007). Pemupukkan tanaman menggunakan Kalium mampu mengurangi efek salinitas dengan meningkatkan penyerapan K sehingga mengurangi Na di jaringan tanaman (Heidari dan Jamshid 2010). Kalium berfungsi dalam menjaga tekanan turgor tanaman di bawah cekaman. Penambahan P pada tanah dilaporkan mampu mengurangi efek dari salinitas dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap salinitas (Bouras *et al.* 2021).

Kandungan klorofil daun tanaman berkurang seiring meningkatnya salinitas. Klorofil dapat rusak karena toksisitas ion natrium pada cekaman garam dengan menurunkan sintesis klorofil dengan meningkatkan aktivitas klorofilase (Ashfaq *et al.* 2020). Inokulasi PGPR pada tanaman dapat meningkatkan kandungan klorofil pada daun dan penambahan bakteri pelarut K dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis dengan meningkatkan jumlah klorofil pada kondisi salin (Hahm *et al.* 2017). Hasil penelitian menunjukkan penambahan bakteri, konsentrasi garam dan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap kadar klorofil (p -value >0,05).

Hubungan antara kadar klorofil hasil ekstraksi (mg/g) dan klorofil hasil pengukuran menggunakan klorofil meter (SPAD Unit) dilakukan dengan menggunakan model regresi non-linear (Gambar 5). Model regresi non-linear merupakan cara yang dapat digunakan untuk memperkirakan kadar klorofil dari SPAD unit (Shibaeva *et al.* 2020). Hubungan antara SPAD unit dan kadar klorofil (mg/g) menunjukkan terdapat korelasi. Semakin tinggi nilai SPAD unit, semakin tinggi kadar klorofil. Hal ini sejalan dengan Hawkins *et al.* (2009) yang melakukan penelitian hubungan antara kadar klorofil ekstraksi dan SPAD unit menggunakan model regresi non-linear dan menunjukkan terdapat korelasi. Klorofil meter mentransmisikan cahaya ke daun pada panjang gelombang 650 dan 940 nm. Cahaya 650 nm merupakan wilayah spektrum klorofil maksimum dan cahaya 940 nm digunakan sebagai referensi



Gambar 5. Hubungan kadar klorofil hasil ekstraksi dan pengukuran menggunakan klorofil meter

untuk kompensasi faktor lain seperti kelembaban dan ketebalan daun (Shibaeva *et al.* 2020).

Penambahan bakteri, konsentrasi garam, dan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah tajuk, berat basah akar, berat kering tajuk, dan berat kering akar (p -value >0,05). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Tewari dan Arora (2014) yang melakukan pemberian *Pseudomonas aeruginosa* pada bunga matahari dengan kondisi cekaman garam 50-120 mM. Hasilnya, pemberian bakteri tersebut tidak efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kondisi salin.

Kesimpulannya, *P. aeruginosa* ATCC 15442 mempunyai kemampuan dalam melarutkan kalium dan fosfat namun tidak mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman cabai rawit varietas Bonita pada kondisi normal maupun salin pada pengujian di rumah kaca. Konsentrasi garam 4, 8, dan 12 g/L pada media tanam tidak memberi efek yang signifikan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah dan berat kering tanaman, dan kadar klorofil tanaman cabai rawit varietas Bonita pada perlakuan tanpa bakteri maupun dengan bakteri. Perlu pengujian dengan penambahan garam dengan konsentrasi 4, 8, dan 12 g/L secara berkala pada tanaman cabai rawit untuk melihat efek cekaman salin pada tanaman. Perlu dilakukan pengukuran kadar kalium dan fosfat pada tanah yang digunakan sebelum dan setelah aplikasi *P. aeruginosa* ATCC 15442.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesemoye AO, Obini M, Ugoji EO. 2008. Comparison of plant growth-promotion with *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis* in three vegetables. *Braz J Microbiol* 39:423–426. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822008000300003>
- Akintokun AK, Ezaka E, Akintokun PO, Shittu OB, Taiwo LB. 2019. Isolation, screening and response of maize to plant growth promoting rhizobacteria inoculants. *Sci Agric Bohem* 50:181–190. <https://doi.org/10.2478/sab-2019-0025>
- Ashfaq M, Hassan HM, Ghazali AHA, Ahmad M. 2020. Halotolerant potassium solubilizing plant growth promoting rhizobacteria may improve potassium availability under saline conditions. *Environ Monit Assess*. 192:697. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08655-x>
- Azizah H, Rahajeng SM, Jatmiko YD. 2020. Isolation and screening of phosphate and potassium solubilizing endophytic bacteria in maize (*Zea mays* L.). *J Exp Life Sci* 10:165–170. <https://doi.org/10.21776/ub.jels.2020.010.03.04>
- Azuma R, Ito N, Nakayama N, Suwa R, Nguyen NT, Larrinaga-Mayoral JA, Esaka M, Fujiyama H, Saneoka H. 2010. Fruits are more sensitive to salinity than leaves and stems in pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Sci Hortic* 125:171–178. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.04.006>
- Badi'ah BA, Sobir, Syukur M, KusumoYWE. 2021. Respon morfo-fisiologi empat genotipe cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) terhadap cekaman salinitas. *Jurnal Agronomi Indonesia* 49:184–191. <https://doi.org/10.24831/jai.v49i2.37006>
- Bhaktavatchalu S, Shivakumar S, Sullia SB. 2013. Characterization of multiple plant growth promotion traits of *Pseudomonas aeruginosa* FP6, a potential stress tolerant biocontrol agent. *Annals of Biological Research* 4:214-223.
- Bouras H, Bouaziz A, Bouazzama B, Hirich A, Choukr-Allah. 2021. How phosphorus fertilization alleviates the effect of salinity on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) productivity and quality. *Agronomy* 11:1-12. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081491>
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. Statistik Holtikultura 2020. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Candrawati E, Rupaedah B, Sumpono S, Sundaryono A. 2018. Kemampuan ekstrak senyawa aktif bakteri endofit dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f.sp. pada kelapa sawit. *JBBI* 5:214-221. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v5i2.2769>
- Etesami H, Emami S, Alikhani HA. 2017. Potassium solubilizing bacteria (KSB): Mechanisms, promotion of plant growth, and future prospects - a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 17:897-911. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162017000400005>
- Hahm MS, Son JS, Hwang YJ, Kwon DK, Ghim SY. 2017. Alleviation of salt stress in pepper (*Capsicum annuum* L.) plants by plant growth-promoting rhizobacteria. *J Microbiol Biotechnol* 27:1790–1797. <https://doi.org/10.4014/jmb.1609.09042>
- Hasanuzzaman M, Bhuyan MHMB, Nahar K, Hossain MS, Mahmud JA, Hossen MS, Masud AAC, Moumita, Fujita M. 2018. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy* 8:31. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>
- Hawkins TS, Gardiner ES, Comer GS. 2009. Modeling the relationship between extractable chlorophyll and SPAD-502 readings for endangered plant species research. *J Nat Conserv* 17:123–127. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2008.12.007>
- Heidari M, Jamshid P. 2010. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. *Journal of Agricultural and Biological Science* 5:39-46.
- Hirpara KD, Ramoliya PJ, Patel AD, Pandey AN. 2005. Effect of salinisation of soil on growth and macro- and micro-nutrient accumulation in seedlings of *Butea monosperma* (Fabaceae). *An Biol* 27:3-14.
- Hu Y, Burucs Z, Schmidhalter U. 2007. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. *Soil Science and Plant Nutrition* 54:133-141. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00224.x>
- Jha Y. 2017. Potassium mobilizing bacteria: enhance potassium intake in paddy to regulates membrane permeability and accumulate carbohydrates under salinity stress. *Braz J Biol Sci*. 4:333–344. <https://doi.org/10.21472/bjbs.040812>
- Khalimi K, Wirya GNAS. 2009. Pemanfaatan plant growth promoting rhizobacteria untuk biostimulants dan bioprotectants. *Ecotrophic*. 4:131-1355.
- Lichtenthaler HK. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Plant Cell Membranes* 148:350–382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
- Nasrudin, Fahmi P. 2022. Analisis pertumbuhan tanaman padi tercekam salinitas dengan penambahan bahan organik pada media tanam dan perbedaan umur bibit. *Jurnal Agro Wiralodra* 5:54-60.
- Paul D, Sinha SN. 2017. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacterium *Pseudomonas aeruginosa* KUPSB12 with antibacterial potential from river Ganga, India. *Ann Agrar Sci*. 15:130–136. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2016.10.001>

- Perdana IR, Setiawati MR, Suryatmana P. 2021. Respon pertumbuhan vegetatif tanaman cabai merah terhadap berbagai konsentrasi garam pada inceptisol jatinangor. *Composite: Jurnal Ilmu Pertanian* 3:1-9.
- Quinet M, Vromman D, Clippe A, Bertin P, Lequeux H, Dufey I, Lutts S, Lefèvre I. 2012. Combined transcriptomic and physiological approaches reveal strong differences between short- and long-term response of rice (*Oryza sativa*) to iron toxicity. *Plant Cell and Environment* 35:1837-1859. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02521.x>
- Shibaeva TG, Mamaev AV, Sherudilo EG. 2020. Evaluation of a SPAD-502 plus chlorophyll meter to estimate chlorophyll content in leaves with interveinal chlorosis. *Russ J Plant Physiol* 67:690–696. <https://doi.org/10.1134/S1021443720040160>
- Singh TB, Sahai V, Goyal D, Prasad M, Yadav A, Shrivastav P, Ali A, Dantu PK. 2020. Identification, characterization and evaluation of multifaceted traits of plant growth promoting rhizobacteria from soil for sustainable approach to agriculture. *Curr Microbiol* 77:3633-3642. <https://doi.org/10.1007/s00284-020-02165-2>
- Su R, Zhang Z, Chang C, Peng Q, Cheng X, Pang J, He H, Lambers H. 2022. Interactive effects of phosphorus fertilization and salinity on plant growth, phosphorus and sodium status, and tartare exudation by roots of two alfalfa cultivars. *Annals of Biology* 129:53-65. <https://doi.org/10.1093/aob/mcab124>
- Tewari S, Arora NK. 2014. Multifunctional exopolysaccharides from *Pseudomonas aeruginosa* PF23 involved in plant growth stimulation, biocontrol and stress amelioration in sunflower under saline conditions. *Curr Microbiol* 69:484–494. <https://doi.org/10.1007/s00284-014-0612-x>
- Wahyuningsih S, Kristiono A, Taufiq A. 2017. Pengaruh jenis amelioran terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau di tanah salin. *Buletin Palawija* 15:69-77.
- Yasmin S, Zaka A, Imran A, Zahid MA, Yousaf S, Rasul G, Arif M, Mirza MS. 2016. Plant growth promotion and suppression of bacterial leaf blight in rice by inoculated bacteria. *Plos One* 11:1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160688>.
- Zakiah M, Manurung TF, Wulandari RS. 2018. Kandungan klorofil daun pada empat jenis pohon di Arboretum Sylva Indonesia PC. *Jurnal Hutan Lestari* 6:48-55